

# Werkstoffeigenschaften und Stoßisolierung

## Technische Informationen

by getzner  
**syloodamp**®

### Allgemeines zu Syloodamp®

Syloodamp® ist ein hochdämpfendes PUR-Elastomer, das speziell zur Absorption stoßartiger Belastungen entwickelt wurde. Daneben kann Syloodamp® in der klassischen Schwingungsisolierung überall dort als elastisches Bauteil eingesetzt werden, wo neben einer dauerhaften Elastizität eine hohe Materialdämpfung des Elastomers gefordert ist. Einsatzbereiche finden sich beispielsweise im Bereich des Schutzes von Maschinen, von Gebäudestrukturen, technischen Geräten oder von Personen.

Im Bereich der Stoß- und Schwingungsisolierung ergibt sich folgender Nutzen:

- Reduzierung stoßartiger Belastungen
- Reduzierung des stoßinduzierten Körperschalls
- Reduzierung von Resonanzphänomenen
- Dämpfung von Bauteilen oder Strukturen
- Schnelles Abklingen von Schwingungen

In den meisten Fällen wird Syloodamp® als druckbelastete Feder verwendet, dessen mechanische Eigenschaften durch eine gezielte Auswahl von Werkstofftyp, Aufstandsfläche und Elastomerdicke bestmöglichst an die jeweilige Problemstellung angepasst werden kann.

Die Syloodamp® Typenreihe deckt folgende statische Einsatzbereiche ab:

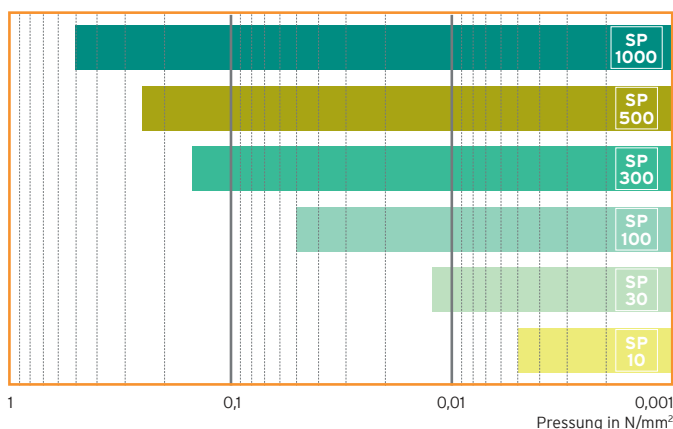


Abb. 1: Syloodamp® Typenreihe

Der statische Einsatzbereich ist die für stationäre Belastungen definierte maximale Druckspannung, für die ein Elastomer die elastischen Eigenschaften dauerhaft aufrechterhält.

Die Werkstoffbezeichnung bezieht sich auf die Stauchhärte bei 10 % Verformung. Diese ist ein individuell festgelegtes Maß für die tragende Eigenschaft eines Elastomers, gibt jedoch keine Aussagen zum Verhalten bei einer Langzeitbelastung. Beispielsweise liegt die Stauchhärte von Syloodamp® SP 100 bei 100 kN/m<sup>2</sup>.

### Schwingungsisolierung mit Syloodamp®

Durch die Schwingungsisolierung werden mechanische Schwingungen, welche durch äußere Kraft- oder Wegerregungen entstehen, in ihrer Übertragung durch Massenkraftkompensation reduziert. Die klassische Schwingungsisolierung ist das Kernanwendungsgebiet der Werkstoffe Sylomer® und Syloodyn®.

Insbesondere bei impulsartigen Belastungen oder starken Resonanzerscheinungen, welche beispielsweise beim Hoch- und Abfahren einer Maschine entstehen, kann durch den Einsatz von Syloodamp® eine noch effizientere Schwingungsisolierung erzielt werden.

Neben einer Lagerung mit Syloodamp® kann auch eine Kombination aus Syloodamp® und Sylomer® in Form einer Parallelschaltung angewendet werden.

### Schwingungsdämpfung mit Syloodamp®

Unter Schwingungsdämpfung wird die Umwandlung von Bewegungsenergie (kinetische Energie) in eine andere, für das Schwingungssystem nicht mehr relevante (wiedergewinnbare) Energieform verstanden. Aufgrund der hohen Materialdämpfung ist Syloodamp® besonders geeignet um Resonanzerscheinungen von Bauteilen oder Strukturen in den gewünschten Grenzen zu halten.

### Stoßisolierung mit Sylodamp®

Die Stoßisolierung ist ein Sonderfall der Schwingungsisolierung und wird zur Verminderung der Übertragung stoßartiger Kräfte angewandt. Dabei wird eine kurzzeitige, mit einer verhältnismäßig hohen Kraftspitze einwirkende Erregerkraft, in eine länger andauernde Fußbodenkraft, mit geringer Kraftspitze, umgewandelt.

Die hohe Materialdämpfung des Werkstoffes Sylodamp® führt zu einer schnellen Beruhigung von Bewegungsgrößen, die Ausschwingzeit von Bauteilen oder Strukturen wird reduziert.

### Stoßbeispiele

In Abb. 2 bis Abb. 4 sind Stoßbeispiele skizziert, bei denen eine Masse  $m$  mit einer Geschwindigkeit  $v$  gegen eine Struktur prallt. In oranger Farbe ist jeweils der hochdämpfende Stoßisolator aus Sylodamp® dargestellt.

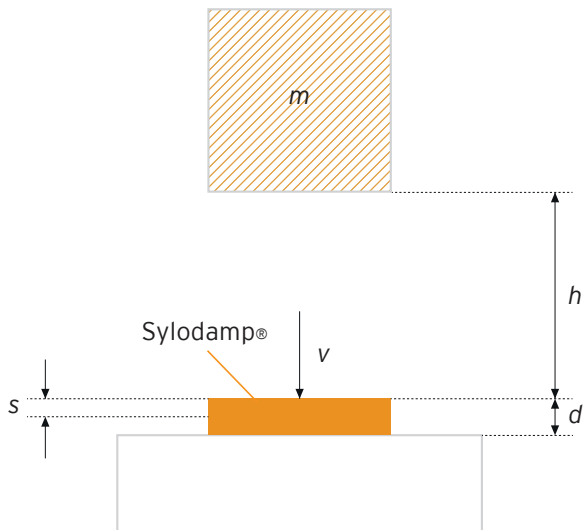


Abb. 2: Beispiel vertikaler Stoß - frei fallende Masse

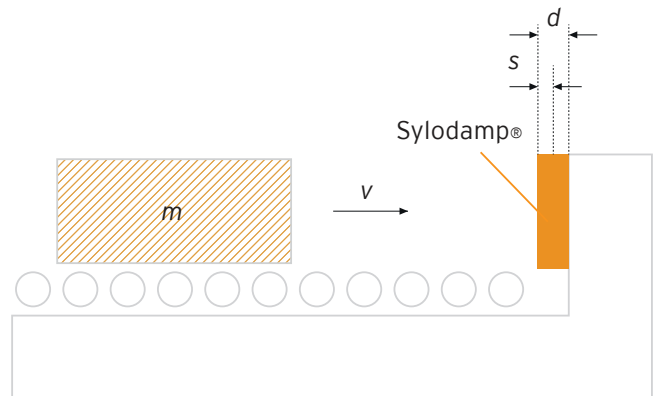


Abb. 3: Beispiel horizontaler Stoß - horizontal bewegte Masse

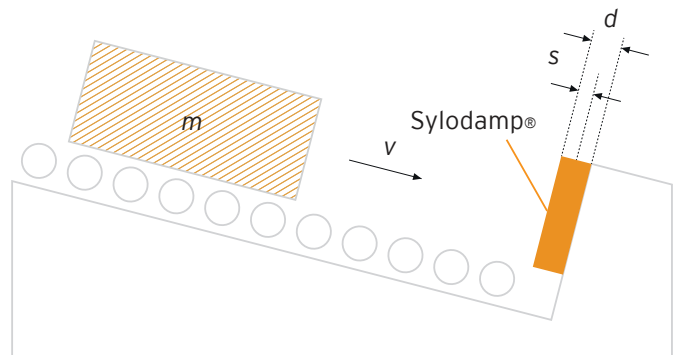


Abb. 4: Beispiel schräger Stoß - schräg bewegte Masse

- $m$  = Masse des bewegten Körpers
- $v$  = Auftreffgeschwindigkeit der bewegten Masse
- $d$  = Dicke des Elastomers
- $s$  = Maximale Verformung des Elastomers
- $h$  = Fallhöhe beim freien Fall

### Isoliergrad

Die stoßisolierende Wirkung durch den Einsatz einer elastischen Lagerung kann durch den Isoliergrad  $I$ , der Reduzierung des Betragsmaximums der Fußbodenkraft, mit, gegenüber der Aufstellung ohne elastischer Lagerung, beschrieben werden:

$$1 \quad I = \frac{F_{\max,0} - F_{\max}}{F_{\max,0}}$$

- $I$  = Isoliergrad in %  
 $F_{\max,0}$  = Betragsmaximalwert der übertragenen Fußbodenkraft ohne elastische Lagerung  
 $F_{\max}$  = Betragsmaximalwert der übertragenen Fußbodenkraft mit elastischer Lagerung

### Energieerhaltungssatz

Die Grundlage für eine geeignete Werkstoffauswahl bei einer Stoßanwendung ist der Energieerhaltungssatz, also das Gleichsetzen der mechanischen Stoßenergie  $E_{\text{kin}}$  (kinetische Energie) mit der Verformungsenergie  $E_{\text{def}}$  (Energieaufnahme) des hochdämpfenden Werkstoffes Syloodamp®:

$$2 \quad E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad 3 \quad E_{\text{kin}} = E_{\text{def}}$$

- $E_{\text{kin}}$  = Stoßenergie (kinetische Energie) in J  
 $E_{\text{def}}$  = Verformungsenergie (Energieaufnahme) in J

### Werkstoffauswahl

Um bei Stoßanwendungen die passende Werkstoffauswahl durchführen zu können, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Rechenmodell (Finite-Elemente-Methode)
- Diagramme für die Energieaufnahme von Syloodamp®

### Finite-Elemente-Methode Rechenmodell

Getzner hat für die Stoßisolierung ein FEM-Rechenmodell für einfache Stoßanwendungen erstellt. Fallprüfstanduntersuchungen mit den hochdämpfenden Syloodamp® Werkstoffen und Stoßkörpern mit Auftreffgeschwindigkeiten von bis zu 5 m/s bilden dabei die Grundlage der Material- und Stoßmodellierung.

Durch eine FEM-Stoßsimulation kann für eine Stoßanwendung die geeignete Materialauslegung innerhalb der Syloodamp® Typenreihe getroffen werden.

### Eingabeparameter für die FEM-Simulation

Für eine Stoßsimulation müssen folgende Eingabegrößen bekannt sein:

- Masse des bewegten Körpers
- Auftreffgeschwindigkeit des Körpers
- Vom auftreffenden Körper beaufschlagte Elastomerfläche
- Gewünschte Dicke des Elastomers

### Rechenergebnisse aus der FEM-Simulation

Durch eine FEM-Stoßsimulation können nachstehende Ergebnisse errechnet werden:

- Zeitliche Verläufe von Fußbodenkraft, Elastomerverformung, Energieaufnahme bzw. Bremsverzögerung während des Stoßes
- Maximale übertragene Fußbodenkraft
- Maximale Verformung des Elastomers
- Maximale Bremsverzögerung

## Rechenergebnisse aus FEM-Stoßsimulation

Abb. 5 bis Abb. 8 zeigen exemplarische Rechenergebnisse einer detaillierten Stoßsimulation mit Sylodamp®.

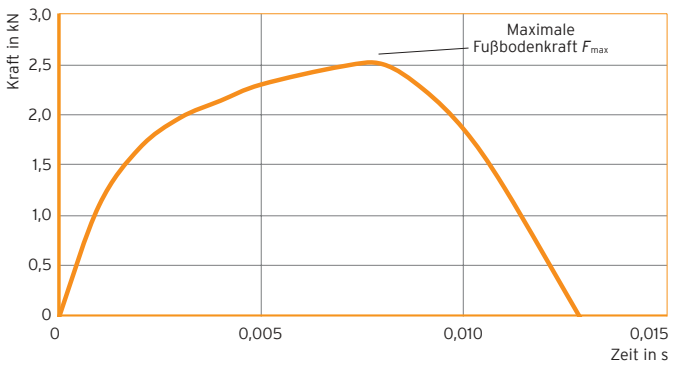


Abb. 5: Stoßsimulation - zeitlicher Verlauf der Fußbodenkraft

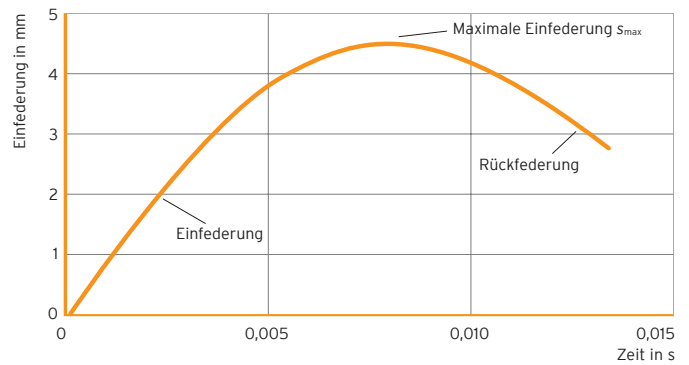


Abb. 6: Stoßsimulation - zeitlicher Verlauf der Verformung

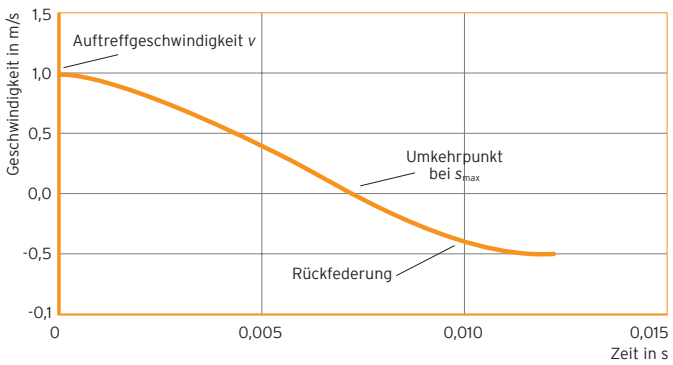


Abb. 7: Stoßsimulation - zeitlicher Verlauf der Geschwindigkeit der Masse

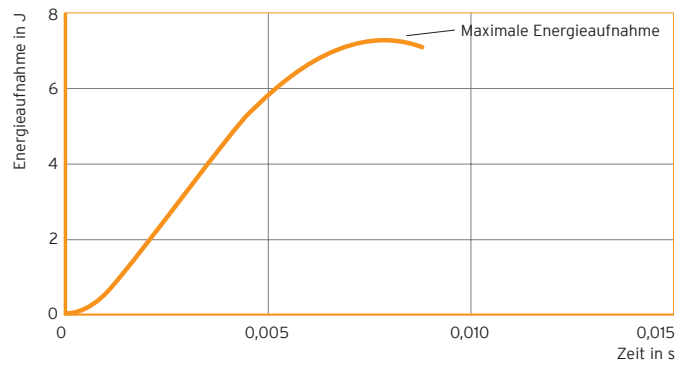


Abb. 8: Stoßsimulation - zeitlicher Verlauf der Energieaufnahme

### Energieaufnahme für Syloodamp®

Alternativ zu FEM-Simulationen kann für einfache Stoßanwendungen die Auswahl des geeigneten Syloodamp® Werkstoffes anhand folgender Diagramme getroffen werden (Abb. 9 bis Abb. 12).

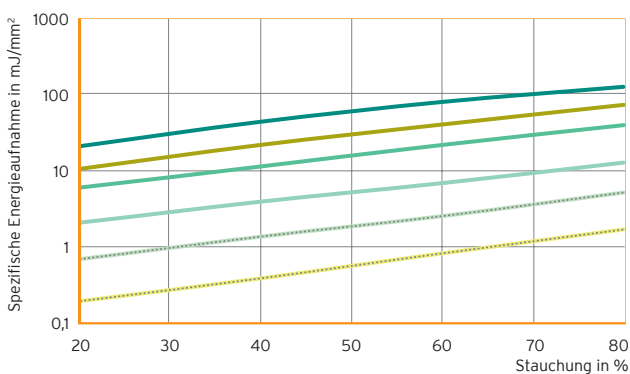


Abb. 9: Energieaufnahme von Syloodamp® bei einer Dicke von 12,5 mm

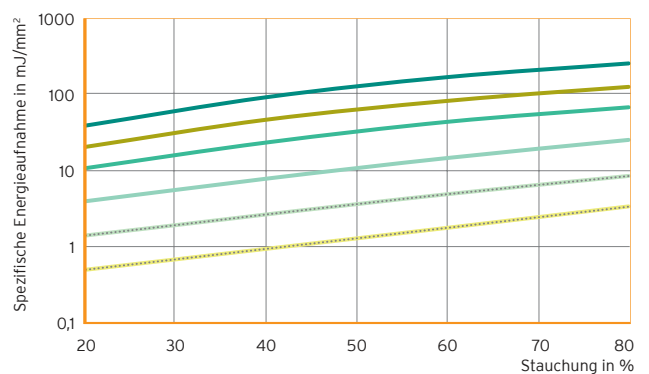


Abb. 10: Energieaufnahme von Syloodamp® bei einer Dicke von 25 mm

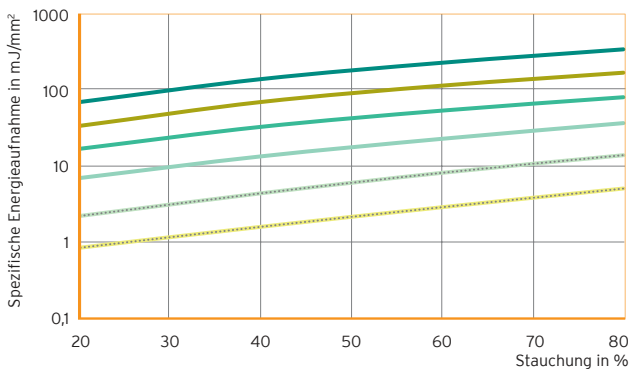


Abb. 11: Energieaufnahme von Syloodamp® bei einer Dicke von 37,5 mm

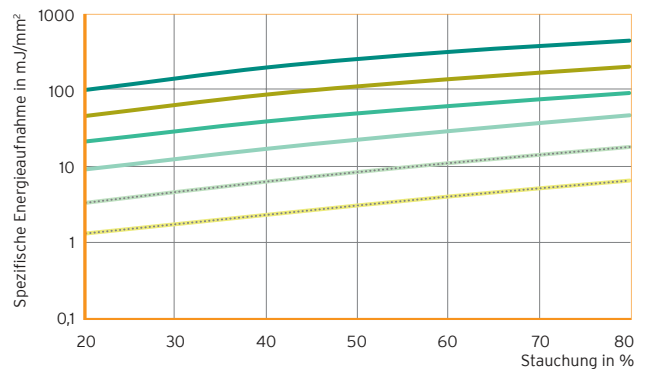


Abb. 12: Energieaufnahme von Syloodamp® bei einer Dicke von 50 mm

— SP 10    - - - SP 30    — SP 100    — SP 300    — SP 500    — SP 1000

Als Eingangsgröße für die optimale Materialauslegung dient die auf die belastete Elastomerfläche bezogene Stoßenergie.

Die spezifische Energieaufnahme von Syloodamp® ist weitgehend unabhängig von der Auftreffgeschwindigkeit. Die in den Diagrammen abgebildeten spezifischen Energieaufnahmen können für Auftreffgeschwindigkeiten zwischen 0,5 m/s und 5 m/s herangezogen werden.

### Ideale Verformungsbereiche

Um mit Sylodamp® stoßartige Belastungen bestmöglich abzufangen, muss ein entsprechender Verformungsweg des Elastomers zur Verfügung gestellt werden.

Für Stoßanwendungen mit Sylodamp® können folgende Stauchungen empfohlen werden:

Werkstofftyp	Idealer Verformungsbereich
Sylodamp® SP 10	40 % bis 60 %
Sylodamp® SP 30	40 % bis 60 %
Sylodamp® SP 100	35 % bis 55 %
Sylodamp® SP 300	30 % bis 50 %
Sylodamp® SP 500	25 % bis 45 %
Sylodamp® SP 1000	20 % bis 40 %

Tab. 1: Empfohlene Verformungsbereiche für Sylodamp® bei Stoßbelastungen

Durch die abgestimmten Verformungsbereiche der einzelnen Sylodamp®-Typen ergeben sich folgende Energieaufnahme in Abhängigkeit der jeweiligen Elastomerdicken:

Werkstofftyp	Energieaufnahme				
	Dicke	12,5 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm
Sylodamp® SP 10		0,4 bis 0,8	1,0 bis 1,8	1,6 bis 2,9	2,3 bis 3,9
Sylodamp® SP 30		1,4 bis 2,7	2,6 bis 4,9	4,2 bis 7,9	6 bis 11
Sylodamp® SP 100		3,3 bis 6,1	6,6 bis 12	11 bis 19	14 bis 25
Sylodamp® SP 300		8,3 bis 15,7	16 bis 30	24 bis 40	28 bis 46
Sylodamp® SP 500		13,4 bis 25,5	27 bis 50	42 bis 72	56 bis 92
Sylodamp® SP 1000		22,5 bis 41	45 bis 84	76 bis 128	110 bis 181

Tab. 2: Empfohlene spezifische Energieaufnahme in mJ/mm<sup>2</sup> für Sylodamp®

### Stoßkraft-Übertragung

Bei der Stoßisolierung soll die kinetische Energie des auftreffenden Körpers mit einem geringen Kraftniveau über einen möglichst langen Zeitraum abgebaut werden.

Die bei einem ideal elastischen Stoß maximal übertragene Kraft kann aus der Verformungsenergie  $E_{\text{def}}$  und dem Verformungsweg  $s$  ermittelt werden:

$$4 \quad F_{\text{max},0} = 2 \cdot \frac{E_{\text{def}}}{s}$$

$F_{\text{max},0}$  = Betrag maximalwert der übertragenen Fußbodenkraft in N

$E_{\text{def}}$  = Verformungsenergie (Energieaufnahme) in J

$s$  = Verformungsweg in m

Bei der Verwendung von Sylodamp® als stoßisolierendes Element wird die kinetische Energie des auftreffenden Körpers neben elastischen auch durch dämpfende Prozesse (Dissipation) umgewandelt, wodurch die maximal übertragene Stoßkraft zusätzlich verringert wird. Beim Einsatz von Sylodamp® als stoßisolierendes Element kann die maximal übertragene Kraft wie folgt abgeschätzt werden:

$$5 \quad F_{\text{max},0} \approx 1,5 \cdot \frac{E_{\text{def}}}{s}$$

$F_{\text{max},0}$  = Betrag maximalwert der übertragenen Fußbodenkraft mit elastischer Sylodamp® Lagerung in N

$E_{\text{def}}$  = Verformungsenergie (Energieaufnahme) in J

$s$  = Verformungsweg in m

Der elastische Anteil des Elastomers sorgt für ein weiches Abfedern des auftreffenden Körpers, der dissipative Anteil sorgt dafür, dass nach dem Stoßvorgang der Großteil der Energie dem System nicht mehr als kinetische Energie zur Verfügung steht.

Dank der hohen Materialdämpfung von Sylodamp® führt der auftreffende Körper nach dem Stoß nur einen sehr geringen Rückstoß aus.

Die Rückprallelastizität liegt für Sylodamp® bei ca. 15 %, dadurch werden beim Stoß 85 % der kinetischen Energie des auftreffenden Körpers dissipiert.

Eingabeparameter	
Masse	$m = 80 \text{ kg}$
Auftreffgeschwindigkeit	$v = 2 \text{ m/s}$
Auftrefffläche	$A = 15.625 \text{ mm}^2 \text{ (125 mm} \times \text{125 mm)}$
Berechnung der Stoßkraft für eine elastische Lagerung mit Sylodamp®	
Stoßenergie	$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{80 \cdot 2^2}{2} = 160 \text{ J}$
Deformationsenergie	$E_{\text{Def}} = E_{\text{kin}} = 160 \text{ J}$
Spezifische Energieaufnahme	$E_{\text{Def},A} = \frac{E_{\text{def}}}{A} = \frac{160}{15.625} = 10,24 \text{ mJ/mm}^2$
Elastomer	Sylodamp® SP 100/25 (nach Abb. 10)
Stauchung	$\varepsilon = 50 \% \text{ (nach Abb. 10)}$
Max. Verformung	$s = \varepsilon \cdot \text{Materialdicke} = 50 \% \cdot 25 \text{ mm} = 12,5 \text{ mm}$
Max. Stoßkraft mit elastischer Lagerung	$F_{\text{max},0} \approx 1,5 \cdot \frac{E_{\text{Def}}}{s} = 1,5 \cdot \frac{160}{0,0125} = 19,2 \text{ kN}$
Berechnung der Stoßkraft ohne elastische Lagerung unter der Annahme eines ideal elastischen Stoßes mit einer Nachgiebigkeit des Untergrundes von 0,5 mm	
Nachgiebigkeit des Untergrundes bzw. max. Verformung	$s = 0,5 \text{ mm}$
Max. Stoßkraft ohne elastische Lagerung	$F_{\text{max},0} = 2 \cdot \frac{E_{\text{Def}}}{s} = 2 \cdot \frac{160}{0,0005} = 640 \text{ kN}$
Stoßisolierende Wirkung der elastischen Lagerung	
Isoliergrad	$I = \frac{F_{\text{max},0} - F_{\text{max}}}{F_{\text{max},0}} = \frac{640 - 19,2}{640} = 97 \%$

Tab. 3: Rechenbeispiel für eine Stoßisolierung mit Sylodamp®

**Getzner Werkstoffe GmbH**

Herrenau 5  
6706 Bürs  
Österreich  
T +43-5552-201-0  
F +43-5552-201-1899  
info.buers@getzner.com

**Getzner Werkstoffe GmbH**

Am Borsigturm 11  
13507 Berlin  
Deutschland  
T +49-30-405034-00  
F +49-30-405034-35  
info.berlin@getzner.com

**Getzner Werkstoffe GmbH**

Nördliche Münchner Str. 27a  
82031 Grünwald  
Deutschland  
T +49-89-693500-0  
F +49-89-693500-11  
info.munich@getzner.com

**Getzner Spring Solutions GmbH**

Gottlob-Grotz-Str. 1  
74321 Bietigheim-Bissingen  
Deutschland  
T +49-7142-91753-0  
F +49-7142-91753-50  
info.stuttgart@getzner.com

**Getzner France S.A.S.**

Bâtiment Quadrille  
19 Rue Jacqueline Auriol  
69008 Lyon  
Frankreich  
T +33-4 72 62 00 16  
info.lyon@getzner.com

**Getzner Werkstoffe GmbH**

Middle East Regional Office  
Abdul - Hameed Sharaf Str. 114  
Rimawi Center - Shmeisani  
P. O. Box 961294  
Amman 11196, Jordanien  
T +9626-560-7341  
F +9626-569-7352  
info.amman@getzner.com

**Getzner India Pvt. Ltd.**

1st Floor, Kaivalya  
24 Tejas Society, Kothrud  
Pune 411038, Indien  
T +91-20-25385195  
F +91-20-25385199  
info.pune@getzner.com

**Nihon Getzner K.K.**

6-8 Nihonbashi Odenma-cho  
Chuo-ku, Tokio  
103-0011, Japan  
T +81-3-6842-7072  
F +81-3-6842-7062  
info.tokyo@getzner.com

**Getzner Materials (Beijing) Co., Ltd.**

No. 905, Tower D, the Vantone Center  
No. Jia 6, Chaowai Street, Chaoyang District  
10020, Peking, VR China  
T +86-10-5907-1618  
F +86-10-5907-1628  
info.beijing@getzner.com

**Getzner USA, Inc.**

8720 Red Oak Boulevard, Suite 400  
Charlotte, NC 28217, USA  
T +1-704-966-2132  
info.charlotte@getzner.com

[www.getzner.com](http://www.getzner.com)

